

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-034650

(43)Date of publication of application : 12.02.1993

(51)Int.Cl.

G02F 1/035

G02B 6/12

(21)Application number : 03-337164

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 19.12.1991

(72)Inventor : ISONO HIDEKI
WATANABE JUNKO
OKUJIMA HIROKI
SHINGYOJI TADAO
HAKOGI HIRONAO
TAKAMATSU HISASHI

(30)Priority

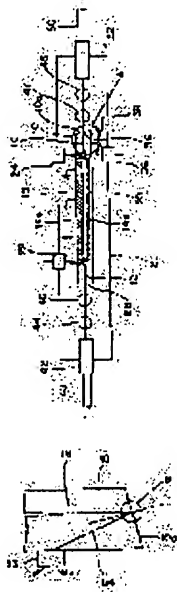
Priority number : 03133273 Priority date : 10.05.1991 Priority country : JP

(54) BRANCH INTERFERENCE TYPE OPTICAL MODULATOR PROVIDED WITH MONITOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To make the modulator small in size and low in cost by forming obliquely an output-side end face of a waveguide substrate against an output-side optical waveguide.

CONSTITUTION: In the branch interference type optical modulator provided with a monitor for controlling a DC bias voltage applied to a first and a second electrodes 18, 20 by monitoring a part of an emitted light, an output-side end face 10a of a waveguide substrate 10 is formed obliquely against an output side waveguide 16, and also, a monitor light fetching waveguide 54 is expanded and formed in the direction of light subjected to Fresnel reflection by the outer-side end face 10a, and to the side face of the waveguide substrate 10, a photodetector 56 such as a photodiode, etc., for converting a monitor light to an electric signal is attached. It is also allowable to form a coupler film for obtaining a desired branching ratio on the output-side end face 10a of the waveguide substrate 10. Accordingly, since a reflected light by the output-side end face 10a can be utilized as the monitor light, the overall length of the waveguide substrate 10 can be formed shortly. Also, by providing the coupler film, a desired branching ratio is obtained easily, and an intensity level of the monitor light can easily be maintained in a necessary level.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application]

converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-34650

(43)公開日 平成5年(1993)2月12日

(51)IntCl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/035		8106-2K		
G 0 2 B 6/12	J	7036-2K		

審査請求 未請求 請求項の数7(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平3-337164

(22)出願日 平成3年(1991)12月19日

(31)優先権主張番号 特願平3-133273

(32)優先日 平3(1991)5月10日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72)発明者 磯野 秀樹

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(72)発明者 渡辺 順子

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(72)発明者 奥島 裕樹

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(74)代理人 弁理士 松本 昂

最終頁に続く

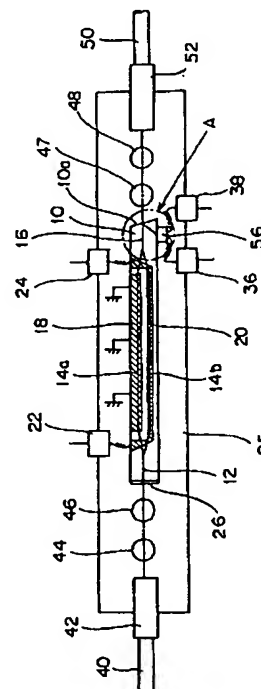
(54)【発明の名称】 モニタ付分岐干渉型光変調器

(57)【要約】

【目的】本発明は小型化を図ったモニタ付分岐干渉型光変調器モジュールを提供をすることを目的とする。

【構成】出射光の一部をモニタして第1及び第2電極18、20に印加するDCバイアス電圧を制御するようにしたモニタ付分岐干渉型光変調器において、導波路基板10の出力側端面10aを出力側光導波路16に対して斜めに形成して構成する。

第1実施例全体平面図



10 : 導波路基板
56 : 出射光導波路

【特許請求の範囲】

【請求項1】 導波路基板(10)上に分岐された入力光が導波される第1及び第2分岐光導波路(14a, 14b)を形成し、該第1及び第2分岐光導波路(14a, 14b)に装荷された第1及び第2電極(18, 20)間に印加する電圧を変化させて導波光に位相差を生じさせ、該位相差が生じた光を合成して変調光として出力する分岐干渉型光変調器において、

前記導波路基板(10)の出力側端面(10a)を出力側光導波路(16)に対して斜めに形成するとともに、該出力側端面(10a)でフレネル反射する光の方向にモニタ光取り出し用導波路(54)を伸長して設けたことを特徴とするモニタ付分岐干渉型光変調器。

【請求項2】 前記第1及び第2分岐光導波路(14a, 14b)の少なくとも前記第1及び第2電極(18, 20)が装荷されている部分並びに前記出力側光導波路(16)は前記導波路基板(10)の長手方向と平行であり、前記出力側端面(10a)は前記長手方向と垂直な面に対して傾斜していることを特徴とする請求項1記載のモニタ付分岐干渉型光変調器。

【請求項3】 導波路基板(10)の前記出力側端面(10a)に所望の分岐比が得られるカプラ膜(58)を形成したことを特徴とする請求項1記載のモニタ付分岐干渉型光変調器。

【請求項4】 前記第1及び第2分岐光導波路(14a, 14b)の少なくとも前記第1及び第2電極(18, 20)が装荷されている部分は前記導波路基板(10')の長手方向と平行であり、前記出力側端面(10a')は前記長手方向に対して垂直であり、前記出力側光導波路(16')の前記出力側端面(10a')近傍の部分は前記長手方向に対して傾斜していることを特徴とする請求項1記載のモニタ付分岐干渉型光変調器。

【請求項5】 前記導波路基板(10')の入力側端面(96)は前記長手方向に対して垂直であり、入力側光導波路(12')の前記入力側端面(96)近傍の部分は該入力側端面と垂直な方向に対して傾斜していることを特徴とする請求項4記載のモニタ付分岐干渉型光変調器。

【請求項6】 導波路基板(10)上に分岐された入力光が導波される第1及び第2分岐光導波路(14a, 14b)を形成し、該第1及び第2分岐光導波路(14a, 14b)に装荷された第1及び第2電極(18, 20)間に印加する電圧を変化させて導波光に位相差を生じさせ、該位相差が生じた光を合成して変調光として出力する分岐干渉型光変調器において、

前記導波路基板(10)の出力側端面にモニタ光分離のための複屈折結晶(62)と、光路補正用のプリズム(64)とをこの順で貼付したことを特徴とするモニタ付分岐干渉型光変調器。

【請求項7】 モニタ光を受光する受光器(56)と、入力信号の論理レベルに対応して前記出力側光導波路(16, 1

6')から出力する光がオン・オフするような位相変化が前記第1及び第2分岐光導波路(14a, 14b)の導波光に与えられるように前記第1及び第2電極(18, 20)に駆動電圧を与える駆動回路(84)と、前記受光器(56)の受光レベル変化に基づき動作特性曲線のドリフトを検出して動作点が前記動作特性曲線に対して一定の関係を有するような位相変化が前記第1及び第2分岐光導波路(14a, 14b)の導波光に与えられるように前記第1又は第2電極(18, 20)にバイアス電圧を与える動作点制御回路(88)とを備えたことを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載のモニタ付分岐干渉型光変調器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明はモニタ付分岐干渉型光変調器に関する。石英系の光ファイバを光伝送路として使用する光通信方式において、伝送容量の増大を図るためには、波長分散が生じにくい1.3 μm 帯波長の光を用いるのが有効である。一方、上記方式において中継器間隔を拡大するためには伝送損失が最小となる1.55 μm 波長の光を用いるのが有効である。

【0002】従って、光通信方式において、伝送容量の増大を図り、且つ、中継器間隔を拡大するためには、

1.55 μm 帯波長の光を用い、且つ、何らかの手段により波長分散の影響が生じにくくする必要がある。波長分散の影響が生じにくくする技術の一つに、レーザー光源とは独立して外部に光変調器を設け、常時発光しているレーザー光源からの光を間接的に強度変調するようにした外部変調方式がある。

【0003】この方式によれば、レーザー光源を一定条件で駆動することができるので、レーザー発振波長が安定化し、波長分散の影響が生じにくくなる。外部変調方式の実施に使用される光変調器の一形態として、光導波路を使用した分岐干渉型(マッハツェンダ型)光変調器があり、信頼性の向上及びモジュールの小型化が要望されている。

【0004】

【従来の技術】図10は従来のモニタ付分岐干渉型光変調器モジュールの平面図である。LiNbO₃(ニオブ酸リチウム)からなる平板状の導波路基板10上にTi(チタン)を例えば熱拡散させることによって、入射側光導波路12、分岐光導波路14a, 14b及び出射側光導波路16が形成されている。

【0005】分岐光導波路14aには接地用の電極18が装荷され、分岐光導波路14bには進行波用の電極20が装荷されている。進行波用の電極20の入力端子22には、高周波の変調信号が入力され、出力端子24は終端処理されている。この構成によると、変調信号を入力したときに、同位相で分岐された分岐光に異なる位相変化を与えることができる。

【0006】導波路基板10の入力側端面及び出力側端

10

20

30

40

50

面には、それぞれ反射防止膜26、28が設けられており、導波路基板10は変調器モジュールのボード25上に取り付けられている。

【0007】図11を参照すると、出力側光導波路16にモニタ光取り出し用光導波路32の一部を近接させた光カプラ30が設けられており、光カプラ30で取り出されたモニタ光は光導波路32の他端部に設けられたフォトダイオード(PD)34で検出され電気信号に変換される。

【0008】再び図10を参照すると、PD34からの電気信号は端子36、38を介して図示しない制御回路に入力され、この制御回路により、電極18、20に印加するDCバイアスが調整される。

【0009】フェルール42に取り付けられた定偏波ファイバ40から出射された光は、レンズ44、46により集光されて入力側光導波路12に結合される。一方、出力側光導波路28から出射される強度変調光は、レンズ47、48により集光されてフェルール52に取り付けられたシングルモード光ファイバ50に結合される。

【0010】然して、定偏波ファイバ40から出射された光はレンズ44、46により入力側光導波路12に結合され、分岐光導波路14a、14bを伝播して出力側光導波路16で再び合成される。

【0011】入力側光導波路12及び出力側光導波路16は基本モード光のみを伝播する同一モード光導波路とされているので、分岐光の位相差がゼロであるときには出力される干涉光の強度は最大となり、分岐光の位相差が π であるときには、干涉光の強度は最小となる。また、位相差がゼロと π との間であるときには、位相差に応じた干涉光強度となる。従って、変調信号に応じた光強度変調を行うことができる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】ところで、図10及び図11に示した従来の光変調器モジュールでは、モニタ光取り出し用の導波路32の損失を考えると、導波路32の曲げ半径Rをあまり小さくすることができず、さらには信号光とモニタ光を同一方向に取り出していたため、モニタ光取り出し用の導波路32を出力側光導波路16から導波路基板10の端面にPD34を取り付ける距離だけ離さなければならず、導波路基板10の長さが70~80mm程度と長くなる欠点があった。

【0013】また、導波路基板10の出力側端面が出射側光導波路16に対して直角となっていたので、導波路基板端面での反射帰還光の影響を防止するため、導波路基板10の出射側端面に反射防止膜28を設ける必要があった。

【0014】さらにモジュール組立時に、定偏波ファイバ40からの入力光の偏波面を導波路基板10の光学軸に対して特定の関係に合わせる必要があり、この際に偏波面の位置合わせずれが生じると、モニタ光のパワーが

変動するという問題があった。

【0015】本発明はこのような点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、小型化及び低コスト化を図ったモニタ付分岐干渉型光変調器モジュールを提供することである。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明は、導波路基板上に分岐された入力光が導波される第1及び第2分岐光導波路を形成し、該第1及び第2分岐光導波路に装荷された第1及び第2電極間に印加する電圧を変化させて導波光に位相差を生じさせ、該位相差が生じた光を合成して変調光として出力する分岐干渉型光変調器において、前記導波路基板の出力側端面を出力側導波路に対して斜めに形成するとともに、該出力側端面でフレネル反射する光の方向にモニタ光取り出し用導波路を伸長して設けたことを特徴とする。

【0017】導波路基板の前記出力側端面に所望の分岐比が得られるカプラ膜を形成しても良い。本発明の他の側面によると、導波路基板の出力側端面にモニタ光分離の為の複屈折結晶と光路補正用のプリズムとを、この順で貼付したモニタ付分岐干渉型光変調器が提供される。

【0018】

【作用】導波路基板の出力側端面を出力側導波路に対して斜めに形成したために、出力側端面での反射光をモニタ光として利用できるため、光カプラを介してモニタ光を取り出していた従来構成に比較して導波路基板の全長を短く形成することができる。また、斜めに形成した出力側端面にカプラ膜を設けることにより所望の分岐比が容易に得られるため、モニタ光の強度レベルを必要レベルに維持するのが容易である。

【0019】本発明の他の側面によると、導波路基板の出力側端面にモニタ光分離の為の複屈折結晶と、光路補正用のプリズムとをこの順で貼付した構成にすることにより、従来のモニタ光取り出し用の光カプラを省略することができるため、導波路基板の全長を短く形成することができる。またこの構成によると、モジュール組立時に導波路基板の入力側の偏波面ずれが生じたとしても、出力側の複屈折結晶を回転させることにより、複屈折結晶の光学軸への入射角度を変更することができ、所定のモニタ光パワーに調整が可能となる。

【0020】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を参照して詳細に説明する。本実施例の説明に於いて、図10に示した従来構成と実質的に同一構成部分については同一符号を付し、重複を避けるためにその説明を省略する。

【0021】図1は本発明第1実施例の光変調器モジュールの平面図を示している。本実施例ではLiNbO₃(ニオブ酸リチウム)からなる導波路基板10の出射側端面10aを出射側光導波路16に対して斜めに形成する。傾斜角度は、出射側光導波路16に垂直な面から約

10°前後が適当である。

【0022】そして、図2に示すように出力側端面10aでフレネル反射する光の方向にモニタ光取り出し用導波路54を伸長して形成し、導波路基板10の側面にモニタ光を電気信号に変換するフォトダイオード等の受光器56を取り付ける(54は曲がり導波路でも良い)。モニタ光取り出し用導波路54は、図3の拡大図に示すように出力側光導波路16に比較して幅広に形成し、導波路基板10の出射側端面10aで反射した光が入り易い構造にする。

【0023】本実施例における他の構造は、図10に示した従来構造と同様なのでその説明を省略する。変調信号に応じて変調された強度変調光は、出射側光導波路16を介して取り出され、その一部は斜めに形成された出射側端面10aによりフレネル反射されて導波路54を伝播し、受光器56により電気信号に変換される。この電気信号に基づくDCバイアスの制御を図4、図5により説明する。

【0024】分岐干渉型光変調器においては、温度変化や経時変化等により、動作特性曲線にドリフトが生じる(動作点ドリフト)。図4は動作点ドリフトによる出力光信号の波形劣化を説明するための図である。同図において、80A、80Bはそれぞれ動作点ドリフトが生じる前の動作特性曲線及び出力光信号波形を表し、82A、82Bはそれぞれ動作点ドリフトが生じた場合における動作特性曲線及び出力光信号波形を表している。また、84は入力信号(駆動電圧)の波形である。

【0025】動作特性曲線は、出力光電力が印加電圧に対して周期的に増減するものとして表される。従って、入力信号の各論理値に対応して出力光電力の極小値及び極大値が得られる駆動電圧 V_0 及び V_1 を用いることにより、効率的な2値変調を行うことができる。

【0026】動作点ドリフトが生じたときに、駆動電圧 V_0 及び V_1 が一定であると、上述の周期性により出力光信号の消光比が劣化する。従って、動作点ドリフトが生じたときにそのドリフト量を dV とすると、駆動電圧 V_0 及び V_1 をそれぞれ $V_0 + dV$ 及び $V_1 + dV$ として動作点ドリフトを補償することが要求される。

【0027】図5は光変調器モジュールの各端子に接続された外部回路のブロック図である。84は入力信号に応じて分岐干渉型光変調器を駆動するための駆動回路であり、この駆動回路84は、入力信号の論理レベルに対応して出力側光導波路16から出力する光がオン・オフするような位相変化が分岐光導波路14a、14bの導波光に与えられるように、入力端子22を介して電極20に駆動電圧を与える。高速変調成分を含む駆動電圧信号は、駆動回路84からキャパシタ86を介して入力端子22に入力される。

【0028】動作点制御回路88は、端子36、38を介して取り出される受光信号のレベル変化に基づき動作

点ドリフト(動作特性曲線のドリフト)を検出して、光変調器の動作点が動作特性曲線に対して一定の関係を有するような位相変化が分岐光導波路14a、14bの導波光に与えられるように、直流バイアス電圧を制御する。直流バイアス電圧は、インダクタ90及び端子24を介して電極20に与えられる。92、94は端子24を終端処理するためのそれぞれキャパシタ及び終端抵抗器である。

【0029】この構成によると、動作点を常に最適値に制御することができるので、動作点ドリフトに起因する出力波形の劣化或いは出力波形の反転を防止して伝送品質を向上させることができる。

【0030】図6は本発明第2実施例の要部平面図を示しており、この実施例では出射側光導波路16に対して斜めに形成された導波路基板端面10aに所望の分岐比を有するカプラ膜58が形成されている。カプラ膜58の分岐比を適当に選択することにより、モニタ光の強度を自由に変えることができる。

【0031】カプラ膜58で分岐された分岐光は導波路60を伝播して受光器56により電気信号に変換される。この実施例では、端面10aにカプラ膜58を形成しているため、上述した第1実施例に比較して端面10aの傾斜角を大きくとることができ、導波路54の出射位置を、端面10aに近づける事ができる。

【0032】上述した第1及び第2実施例によると、導波路基板の出射側端面で強度変調光を反射させることにより、モニタ光を取り出しているため、光カプラを介してモニタ光を取り出した従来構成に比較して導波路基板の全長を短くすることができ、その結果光変調器モジュール全体をコンパクトに構成することができる。

【0033】次に図7及び図8を参照して、本発明の第3実施例について説明する。 LiNbO_3 からなる平板状の導波路基板10の上面には、図1に示した第1実施例と同様にY分岐導波路を二つ組み合わせた構成の光導波路が形成されている。

【0034】定偏波ファイバ40から出射された光はレンズ68により導波路基板10上に形成された入力側光導波路に結合される。一方、導波路基板10の出射側端面は上下方向に斜めに切断され、その端面にルチル等の複屈折結晶62が貼付されている。複屈折結晶62にはさらに、 LiNbO_3 から形成された光路補正用プリズム64が貼付されている。

【0035】図8の要部拡大図に示されるように、導波路基板10上にはバッファ層66が形成されており、出射側光導波路16を伝播する強度変調光は複屈折結晶62により常光と異常光に分離され、複屈折結晶62の出射光は光路補正用プリズム64によりその光路を補正されて出射される。

【0036】常光成分はレンズ70によりフェルルール52に挿入されたシングルモード光ファイバ50に結合さ

れ、異常光成分はレンズ72によりフェルール76に挿入されたシングルモード光ファイバ74に結合される。

【0037】光ファイバ50は強度変調光伝播用の光ファイバであり、光ファイバ74はモニタ光伝播用の光ファイバで、その先端は図示しない受光器に接続されている。上述した構造によれば、複屈折結晶62で分離した常光をインライン光に、異常光をモニタ光に利用できるため、従来構成で必要であったモニタ光取り出し用のカプラを省略することができ、導波路基板10の長さを短く形成することができる。

【0038】さらに、第3実施例の構造においてはモジュール組立時に導波路基板10の入力端での偏波面ずれが生じたとしても、出力端に設けた複屈折結晶62を回転させることにより、複屈折結晶62の光学軸への強度変調光の入射角度を変えることができ、所定のモニタ光パワーに調整することが可能となる。

【0039】第1又は第2実施例においては、分岐光導波路14a、14bの電極18、20が装荷されている部分と出力側光導波路16とを導波路基板10の長手方向に対して平行にし、この長手方向に対して出力側端面10aを斜めに形成することによって、出力側光導波路16が出力側端面10aに対して傾斜するようにしている。このため、導波路基板の切断及び端面研磨が必要となり、光変調器の製造が煩雑になることがある。

【0040】そこで、本発明の第4実施例においては、図9に示すように直方体形状の導波路基板10'を用い、分岐光導波路14a、14bの電極18、20が装荷されている部分については第1及び第2実施例と同様に導波路基板10'の長手方向と平行にし、出力側光導波路16'の出力側端面10a'側の部分を導波路基板10'の長手方向に対して傾斜させることによって、モニタ光の取出しを可能にしている。

【0041】一般に、光導波路のパターン形成の変更は、端面を斜めに形成するための導波路基板の切断及び研磨と比べて容易であるから、本実施例によると、モニタ付分岐干渉型光変調器を容易に製造することができる。

【0042】また、本実施例においては、入力側光導波路12'についても入力側端面96側の部分を導波路基板10'の長手方向に対して傾斜させている。この場合、レーザからの光は端面に対してフレネル角で入射するように光ビーム角を設定すれば、入力側端面96で生じた反射帰還光がレンズを介して入力側の光ファイバ40に結合することがないので、光源として使用される半導体レーザの動作が不安定になる恐れがない。

【0043】尚、入力側及び出力側の光ファイバ40、50の光軸については、導波路基板10'の長手方向と平行になるようにしておいた方が、モジュールの組み立

てが容易である。この場合、反射帰還光の影響を防止するために最低限必要な入力側光導波路12'の傾斜角度は小さいので、光ファイバの光軸と導波路基板の長手方向とを平行にしたとしても、損失が大きくなる恐れはない。

【0044】以上説明した実施例においては、入力側に定偏波ファイバ40を用いたが、光源となる半導体レーザからの光が光ファイバを介さずに入力側光導波路に結合するように装置を構成してもよい。

10 【0045】

【発明の効果】本発明は以上詳述したように構成したので、導波路基板の全長を短く形成することができ、その結果モニタ付分岐干渉型光変調器モジュールの小型化を図ることが可能となる。

【0046】また、導波路基板の出射側端面に反射防止膜を設ける必要がないため、光変調器モジュールの低コスト化を実現できる。さらに、出力端に複屈折結晶を貼付する構成の本発明実施例においては、モジュール組立時に導波路基板入力端での偏波面の位置ずれが生じたとしても、複屈折結晶を回転させることによりその光学軸への強度変調光の入射角度を自由に調整することができ、所定のモニタ光パワーに調整することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明第1実施例の全体平面図である。

【図2】図1のA部分拡大図である。

【図3】図2のB部分拡大図である。

【図4】動作点ドリフトによる波形劣化の説明図である。

【図5】各端子に接続された外部回路のブロック図である。

【図6】第2実施例の要部平面図である。

【図7】第3実施例の正面図である。

【図8】図5の要部拡大図である。

【図9】第4実施例の平面図である。

【図10】従来例全体平面図である。

【図11】図10のA部分拡大図である。

【符号の説明】

10, 10' 導波路基板
12, 12' 入力側光導波路
14a, 14b 分岐光導波路
16, 16' 出力側光導波路
18, 20 電極
26, 28 反射防止膜
54, 60 モニタ光取り出し用光導波路
56 受光器
58 カプラ膜
62 複屈折結晶
64 光路補正用プリズム

【图 1】

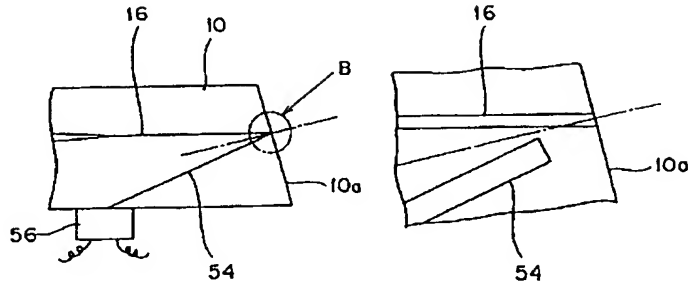
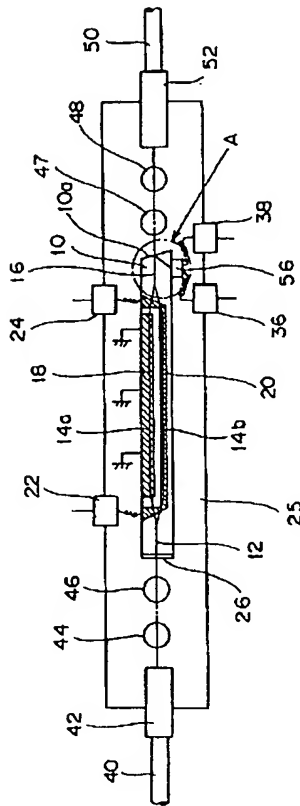
【图2】

【図 3】

第1实施例全体平面図

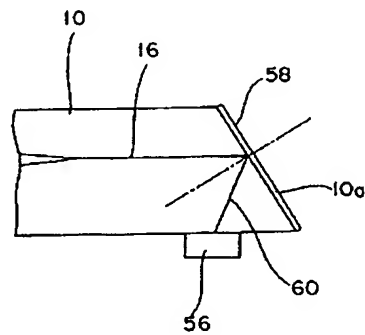
図1のA部分拡大図

図2のB部分拡大図



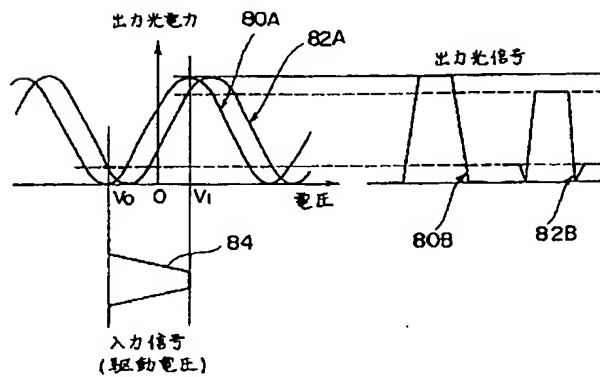
【図 6】

第2実施例の要部平面図



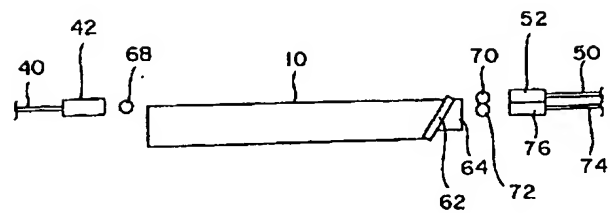
【図 4】

動作点ドリフトの説明図



【图7】

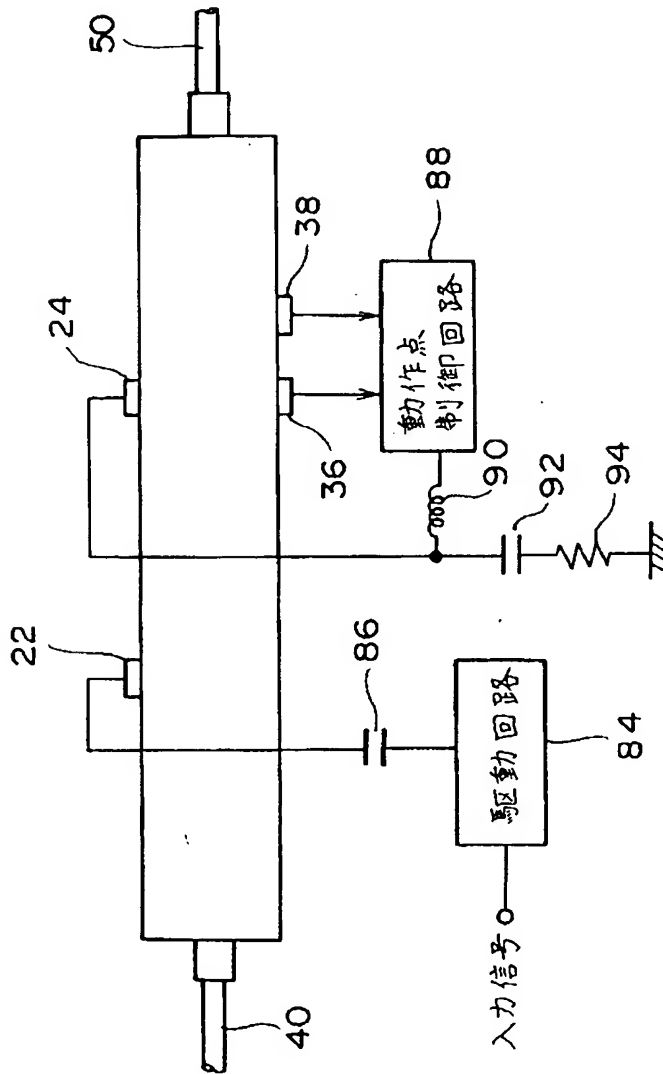
第3实施例正面图



10 : 導波路基板
62 : 複屈折結晶
64 : プリズム

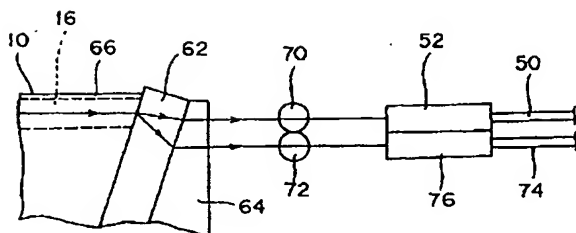
【図5】

各端子に接続された外部回路のブロック図



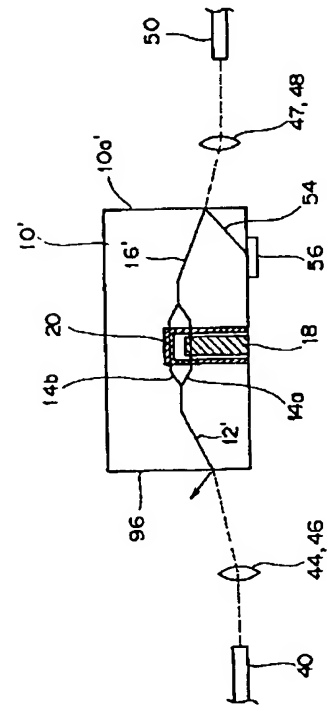
【図8】

図7の要部拡大図



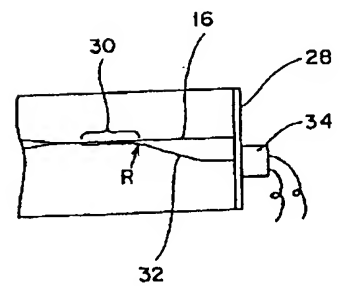
【図9】

第4実施例図



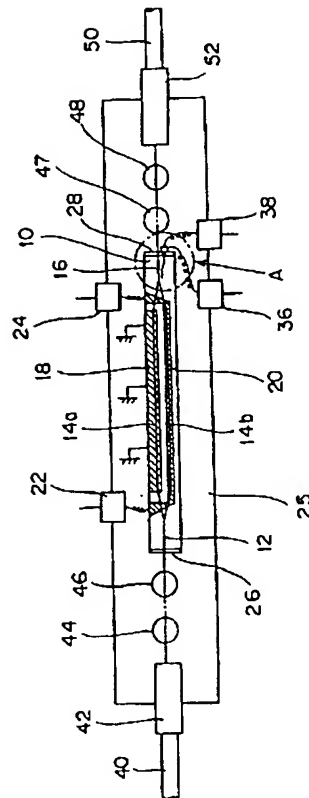
【図11】

図10のA部分拡大図



【図10】

従来例平面図



フロントページの続き

(72)発明者 真行寺 唯夫
 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
 富士通株式会社内

(72)発明者 箱木 浩尚
 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
 富士通株式会社内

(72)発明者 高松 久志
 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
 富士通株式会社内